Basen, DNA und CRISPR/Cas

Aufgaben

1 Die Erbanlagen oder Gene aller Lebewesen bestehen aus Desoxyribonukleinsäure (DNA).

1.1 Beschriften Sie in Material 1 die Ziffern 1 bis 10.

(5 BE)

1.2 Zur Weitergabe der Erbinformation an die nächste Zellgeneration muss eine Vervielfältigung der DNA erfolgen.
Fertigen Sie eine aussagekräftige beschriftete Skizze der Replikationsgabel an und erläutern Sie anhand Ihrer Darstellung den Ablauf der Replikation bei Eukaryoten.

(12 BE)

1.3 Leiten Sie eine Hypothese zu der Tatsache ab, dass man an Replikationsstartpunkten von Eukaryoten sehr viel mehr A/T Basenpaare als G/C-Basenpaare findet und begründen Sie Ihre Annahme.

(4 BE)

1.4 Bei der Analyse eines 900 Basenpaare (bp) langen DNA-Strangs erhielt man 250 Adeninmoleküle.
Berechnen Sie die Anzahl der anderen Basenmoleküle des Strangs und begründen Sie Ihre Lösung mithilfe der Regel von CHARGAFF.

(4 BE)

1.5 In zwei Versuchsansätzen wurden zwei verschiedene, aber gleich lange DNA-Fragmente vervielfältigt und zunächst erhitzt. Während des anschließenden Abkühlens bestimmte man den Anteil an einzelsträngiger DNA zu verschiedenen Zeitpunkten (Material 2).

1.5.1 Erläutern Sie die grundsätzlichen Vorgänge, die während des Erhitzens der DNA auf 95 °C und des darauffolgenden Abkühlens ablaufen.

(3 BE)

1.5.2 Beschreiben und erklären Sie die Kurvenverläufe während des Abkühlens (Material 2).

(5 BE)

1.6 In drei weiteren Versuchsansätzen wurden gleich lange DNA-Fragmente aus dem codierenden Bereich des gleichen Gens von a) Maus und Mensch, b) Maus und Schimpanse und c) Schimpanse und Mensch gemischt, auf 95 °C erhitzt und anschließend abgekühlt.
Stellen Sie die Kurven, die man erhalten würde, in einem Diagramm dar und begründen Sie Ihre Darstellungen.

(7 BE)

2 Bakterien können untereinander Erbinformation austauschen.

2.1 Dazu führten Forscher einen Versuch durch, bei dem aus der Kreuzung zwischen einem Wildtyp-Akzeptorstamm und einer streptomycinresistenten Aminosäure-Mangelmutante als Donorstamm die Rekombinanten selektiert werden sollten.

2.1.1 Setzen Sie die Vorgänge des Gentransfers mithilfe von Hfr-Zellen und das Zustandekommen möglicher Rekombinanten bezüglich der beiden Eigenschaften der Mutante in Skizzen um und erläutern Sie diese.

Hinweis: Werden beide Eigenschaften der Donorzelle übertragen und eingebaut, wird nicht von einer Rekombinanten gesprochen.

(15 BE)

2.1.2 Zeigen Sie eine geeignete Selektionsmethode zur Isolierung dieser Rekombinanten in Abgrenzung zu den Donor- und den Akzeptorstämmen auf.

(8 BE)

2.2 Beschreiben Sie die beiden Varianten der Transduktion, mit der Fremd-DNA in das Genom von Bakterien gelangen kann.

(8 BE)

3 Gentechnik ist die gezielte genetische Veränderung von Organismen. Die häufigste Anwendung findet sie bei der Herstellung von transgenen Lebewesen, also solchen, die Fremd-DNA enthalten. Bisher dienten in der Gentechnik Bakterienplasmide als Vektoren. Mit einem neueren Verfahren, dem sogenannten CRISPR/Cas-System (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR associated protein), kann man punktgenau doppelsträngige DNA schneiden, um an dieser Stelle neue DNA-Bausteine einzufügen, zu entfernen oder zu modifizieren.

3.1 Beschreiben und erläutern Sie das vektorbasierte Standardverfahren zur Erzeugung transgener Bakterien mithilfe von Bakterienplasmiden.

Hinweis: Gehen Sie auf das Selektionsverfahren nur im Überblick ein.

(13 BE)

3.2 Ursprünglich stammt das CRISPR/Cas-System aus Bakterien. Es dient ihnen als eine Art Immunsystem, mit dem die Bakterien Viren anhand der zuvor gespeicherten DNA-Fragmente erkennen und abwehren können (Material 3).
Überführen Sie die Bilder in Abbildung 3.2 in eine sinnvolle Reihenfolge und erläutern Sie die hier dargestellte Abwehr von Bakterien gegen die Infektion durch einen Virus.

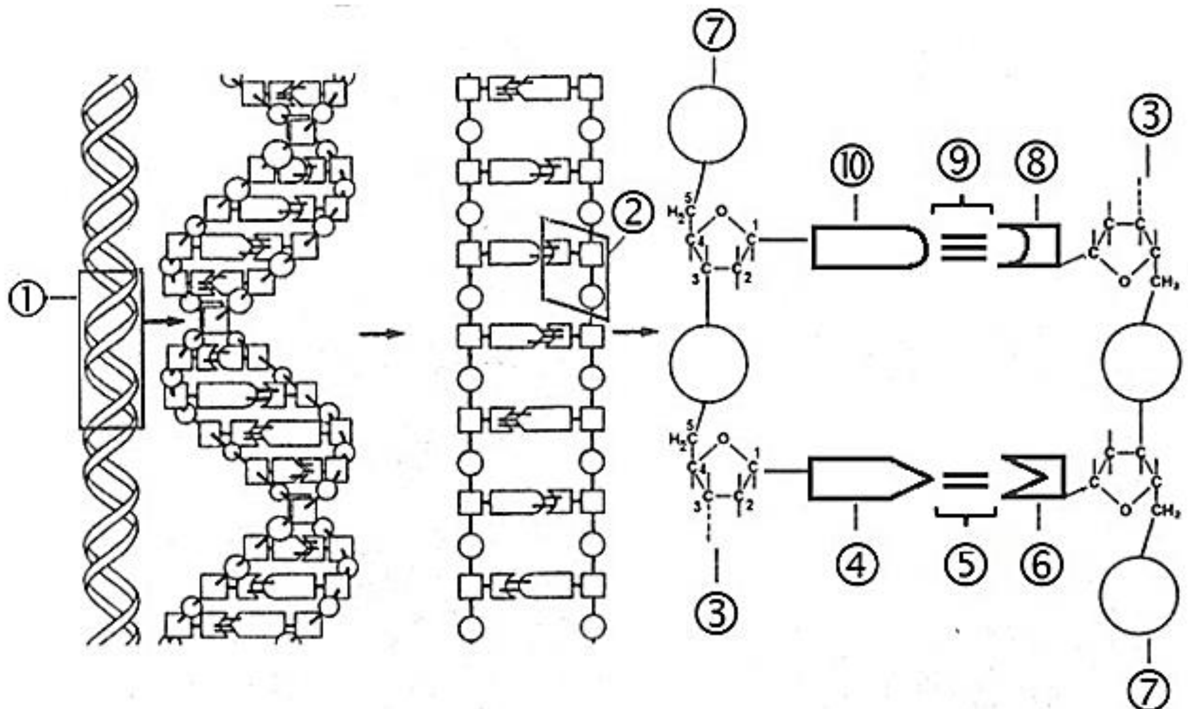
(12 BE)

3.3 Der Einsatz von CRISPR/Cas wird gentechnologisches Arbeiten verbessern bzw. revolutionieren.
Bewerten Sie diese Aussage.

(4 BE)

Material 1

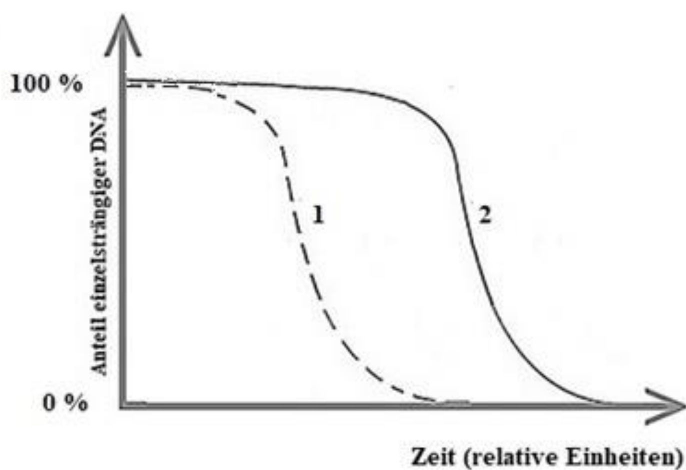
Bau der Desoxyribonukleinsäure



geändert nach: https://www.gutefrage.net/frage/molekularbiologie-aufbau-der-dna--hilfe-bei-beschriftung (abgerufen am 14.02.2022).

Material 2

Anteil an einzelsträngigen DNA-Fragmenten während des Abkühlens



geändert nach: https://freidok.uni-freiburg.de/fedora/objects/freidok:14445/datastreams/FILE1/content (abgerufen am 10.07.2022).

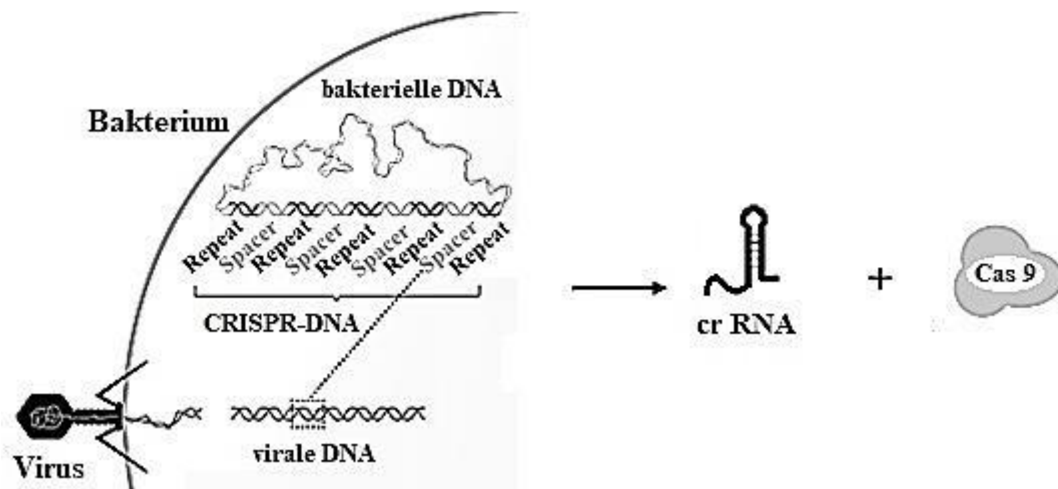
Hinweis: Beide DNA-Fragmente haben die gleiche Zusammensetzung an Basen. In Kurve 1 wiederholt sich ständig die Basensequenz AGCT des DNA-Fragments, in Kurve 2 sind die vier Basen des DNA-Fragments unregelmäßig angeordnet.

Material 3

Das CRISPR/Cas-System

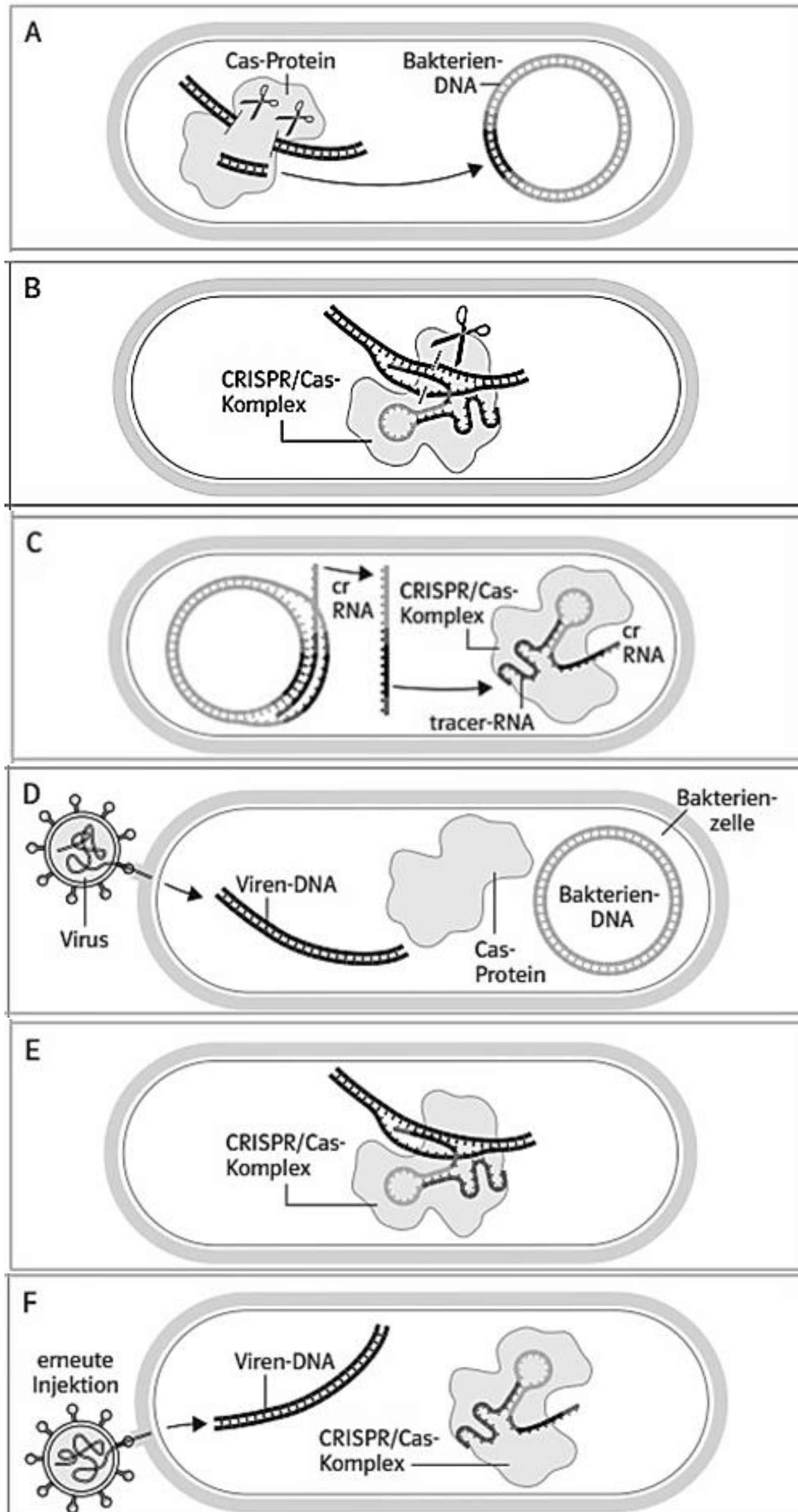
Bei der CRISPR-DNA in Bakterien handelt sich um ein Abwehrsystem der Bakterien gegen Viren, das immer wieder verändert werden kann. Hier wechseln sich wiederholende Sequenzen (Repeats) mit sogenannten Spacern (Fremd-DNA, die ursprünglich aus dem Erbgut von in die Bakterienzelle eingedrungenem viralen Material stammt) ab. Folglich besteht eine CRISPR-RNA (crRNA) aus einer von einem Repeat gebildeten Schleife und der zugehörigen Spacersequenz (Abb. 3.1).
Vom Bakterium produzierte Cas-Proteine (CRISPR assoziierte Proteine) besitzen verschiedene Enzymfunktionen: 1. eine „Helikase-Aktivität", um DNA örtlich begrenzt zu trennen, 2. eine „Scherenfunktion", um DNA-Doppelstränge zu zerschneiden und 3. eine weitere „Scherenfunktion", um RNA Hybridstränge zu zerschneiden.
Bakterielle tracer-RNA dient dazu, die crRNA an das bakterielle Cas-Protein zu binden.
Das Bakterium erkennt die DNA-Sequenzen der Erreger und zerschneidet bei einer erneuten Infektion deren DNA.

Abb. 3.1 Repeats, Spacer und crRNA



geändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/CRISPR-Cas9-Prozess_Pflanzenforschung.de_CC_BY-SA_3.0.png (abgerufen am 27.12. 2022).

Abb. 3.2 Die Funktionsweise des CRISPR/Cas-Systems



geändert nach: https://static.klett.de/projekte/natura_oberstufe_beruflich/reproduktion/auszug-lehrerband-fhr.pdf (abgerufen am 27.02.2022).